

## Вариации электропроводности приземной атмосферы по результатам измерений на степной и высокогорной станциях ИФА им. А.М. Обухова РАН

Купинская Анна Игоревна  
Шевченко Анастасия Викторовна  
Южный федеральный университет  
Петрова Галина Григорьевна  
[georgpu@rambler.ru](mailto:georgpu@rambler.ru)

По современным представлениям система электрических токов в атмосфере формирует глобальную электрическую цепь. Прохождение тока проводимости через различные атмосферные слои определяется удельной электропроводностью этих слоёв. Кроме того, при прохождении тока проводимости в атмосфере с вертикальными неоднородностями электропроводности формируются слои объёмного заряда, которые влияют на вертикальное распределение атмосферного электрического поля. Это делает исследования закономерностей вариаций электропроводности атмосферы актуальной задачей атмосферного электричества.

В течение целого ряда лет исследования Южного федерального университета проводились в степной зоне, в частности, в период 2014-2017 г.г. на Цимлянкой научной станции Института физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН в рамках совместных комплексных экспедиций. В период 2018-2019 г.г. экспедиции проведены в иной физико-географической зоне на плато Шаджатмаз (2100 м), где расположена Кисловодская высокогорная научная станция (КВНС) ИФА. Изменение пункта наблюдений позволило провести полевой эксперимент с тем же измерительным комплексом в принципиально иных физических условиях, что позволило расширить пределы варьирования измеряемых параметров и дало возможность сравнительного анализа атмосферных процессов в разных зонах.

Для непрерывной регистрации полярных удельных электропроводностей как в степных экспедициях, так и в высокогорье использовались два прибора «Электропроводность-2» (ГГО им. А.И.Воейкова), сигнал с выхода которых подавался на АЦП, установленный в ПК. Приборы располагались так, что забор воздуха осуществлялся на высоте 1 м и на уровне 5 см от поверхности земли. Кроме того, с помощью гердиеновского датчика системы Литвинова ежечасно измерялся вертикальный профиль полярных электропроводностей, для чего забор воздуха в аспирационный конденсатор производился последовательно с уровней 0,05; 0,3; 0,6; 1 и 2 метра. Цикл измерений на каждой высоте выполнялся в течение 10 минут. Синхронно по времени и пространству посредством радон-монитора «AlphaGUARD PQ2000 PRO» измерялся вертикальный профиль объёмной активности радона-222. Еще один такой же радон-монитор был установлен на высоте 1 метр для непрерывной регистрации объёмной активности радона. На этой же высоте лазерным аэрозольным спектрометром ЛАС-П системы НИФХИ им. Л.Я. Карпова измерялся спектр атмосферных аэрозолей в размерных диапазонах 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5; 0,5-0,7; >0,7 мкм. Раз в час проводился цикл градиентных измерений метеорологических параметров. Для подсчета коэффициента турбулентности на основании данных о температуре воздуха и скорости ветра на высотах 0,5 и 2 метра использовался метод Л.Р.Орленко. Градиентные измерения объёмной активности радона-222 в почве с помощью радон-монитора в комплекте с почвенным датчиком к нему позволяли рассчитывать плотность потока радона в атмосферу.

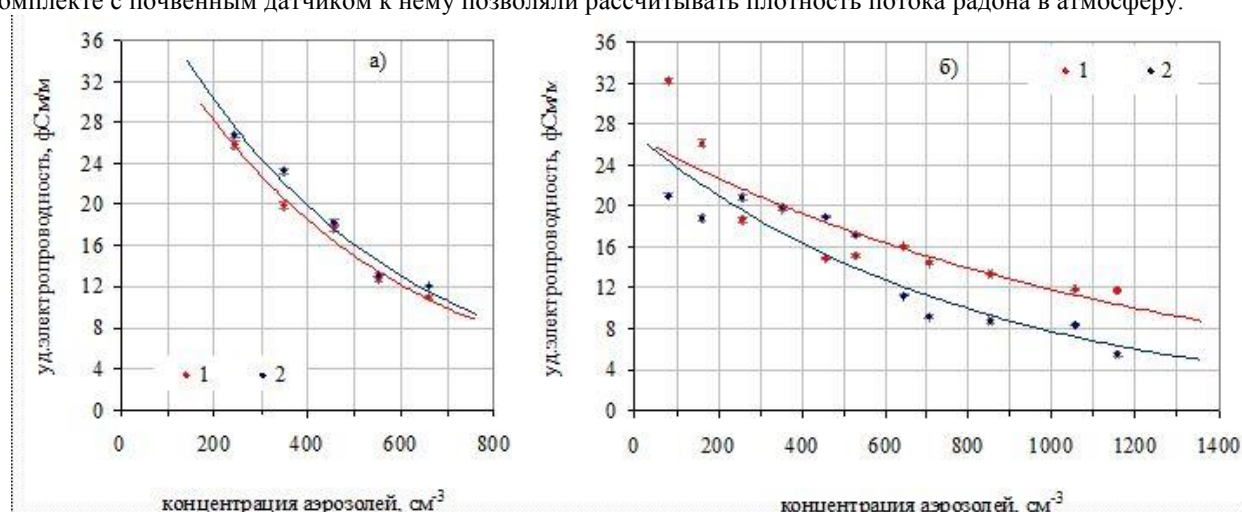


рис.1.Ряды регрессии положительной (1) и отрицательной (2) полярных электропроводностей атмосферы по значениям концентрации аэрозолей с диаметром более 0,1 мкм на плато Шаджатмаз (2100 м): а)август 2018 - 40 часов; б)август 2019 - 180 часов. Высота расположения датчиков 1 метр.

Как известно, электропроводность атмосферы определяется совокупным действием ионизационно-рекомбинационных процессов в исследуемом слое. Анализ результатов экспедиционных измерений позволил получить регрессионные зависимости полярных электропроводностей от объёмной активности радона-222 (высота датчиков 1 метр). По сгруппированным данным, полученным в Цимлянске в августе 2016 года:  $\lambda_- = 15 + 0,2A_{Rn}$ ,  $\lambda_+ = 16 + 0,2A_{Rn}$ . На плато Шаджатмаз летом 2019 года:  $\lambda_- = 7 + 0,1A_{Rn}$  и  $\lambda_+ = 12 + 0,1A_{Rn}$ . Здесь  $A_{Rn}$  - объёмная активность радона-222, измеренная в Бк/м<sup>3</sup>, а размерность электропроводности фСм/м.

Значимым фактором для ионного режима является, как известно, содержание в атмосфере аэрозольных частиц, которые адсорбируют лёгкие атмосферные ионы и тем способствуют снижению электропроводности. На рис.1 представлены эмпирические ряды регрессии полярных электропроводностей атмосферы по значениям концентрации субмикронных аэрозолей с размером частиц более 0,1 мкм, построенные по результатам измерений на плато Шаджатмаз в летние месяцы 2018 и 2019 г.г. Экспериментальные данные хорошо аппроксимируются экспоненциальной зависимостью:  $\lambda_+ = 27e^{-0,08N}$  ( $R^2=0,82$ )  $\lambda_- = 27e^{-0,12N}$  ( $R^2=0,89$ ). Расчет выполнен для полярных электропроводностей  $\lambda_+$  и  $\lambda_-$ , измеряемых в фСм/м, и концентрации аэрозолей  $N$  в 10<sup>8</sup> м<sup>-3</sup>. Ранее для Цимлянска по данным 2017 года получены теми же приборами аналогичные зависимости:  $\lambda_+ = 24e^{-0,16N}$  ( $R^2=0,96$ ) и  $\lambda_- = 18e^{-0,09N}$  ( $R^2=0,92$ ) [1]. Планками на рисунке показаны значения стандартной погрешности (ошибка репрезентативности)

Анализ вертикальных профилей полярных электропроводностей, полученных для плато Шаджатмаз впервые по результатам измерений 2019 года, показывает, что особенностью этого пункта наблюдений является следующая ситуация. В часы наблюдений со слабым ветром и низкой температурой и, как следствие, слабым перемешиванием атмосферы, когда повышается содержание радона-222 в атмосфере, имеет место интенсивное образование аэрозолей вследствие конденсации водяных паров. Итогом является то, что два значимых фактора влияют на ионный режим в противоположных направлениях, что и определяет вариации электропроводности атмосферы.

Таким образом, исследования показывают, что электрические процессы в приземной атмосфере тесно связаны с её термодинамикой и условиями перемешивания. Действие таких значимых для ионного режима атмосферы факторов, как радиоактивные эманации и аэрозоли, проявляются в разных пунктах по-разному в зависимости от особенностей физического состояния атмосферы и подстилающей поверхности. В то же время вид и параметры регрессионных уравнений, связывающих электропроводность атмосферы с факторами ионизационно-рекомбинационных процессов, для разных пунктов наблюдений идентичны.

Список публикаций:

[1]Болдырева В.А., Купинская А.И. // Материалы XXIV Всероссийской научной конференции студентов-физиков (ВНКСФ-24). г.Томск, 2018. - С.392-393

## **Анализ петроупругих свойств пласта по данным керна и геофизических исследований**

**Нугаева Нурия Мазитовна**

*Башкирский государственный университет*

*Привалова Ольга Разимовна*

*nurianugaeva2@gmail.com*

Залежи углеводородов высокопродуктивных пластов, открытых в прошлом столетии, в основном, значительно выработаны. Успешное решение проблемы выделения коллекторов с вторичной пористостью разного происхождения стало возможным благодаря включению в комплекс ГИС широкополосного акустического каротажа (АКШ), обеспечивающего регистрацию параметров упругих волн различных типов (продольные, поперечные). Появление многоканальных акустических зондов позволяет повысить точность измерений характеристик волн разных типов [1]. Измерения динамических и кинематических характеристик волн разных типов позволяют провести расчеты упругих параметров среды, таких как коэффициент Пуассона и модуль Юнга [2].

Наличие сведений о характере и структуре порового пространства коллекторов [3], позволяет оптимально выбрать способы ввода их в эксплуатацию и поддержания уровня добычи, прогнозировать устойчивость ствола скважин при бурении и при работе в условиях необсаженного ствола.

Актуальность рассматриваемой в работе проблемы состоит в неполном комплексе геофизических исследований [4], что затрудняет провести анализ петроупругих свойств пласта, так как для моделирования петроупругих свойств необходимы каротажные данные  $\Delta t_s$ ,  $\Delta t_p$  и ГГК-п.